

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 52 801 C 1

⑤ Int. Cl. 6:  
H 02 N 2/00  
F 02 M 51/06  
F 02 D 41/20

⑦ Aktenzeichen: 196 52 801.1-32  
⑧ Anmeldetag: 18. 12. 96  
④ Offenlegungstag: -  
⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 23. 4. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

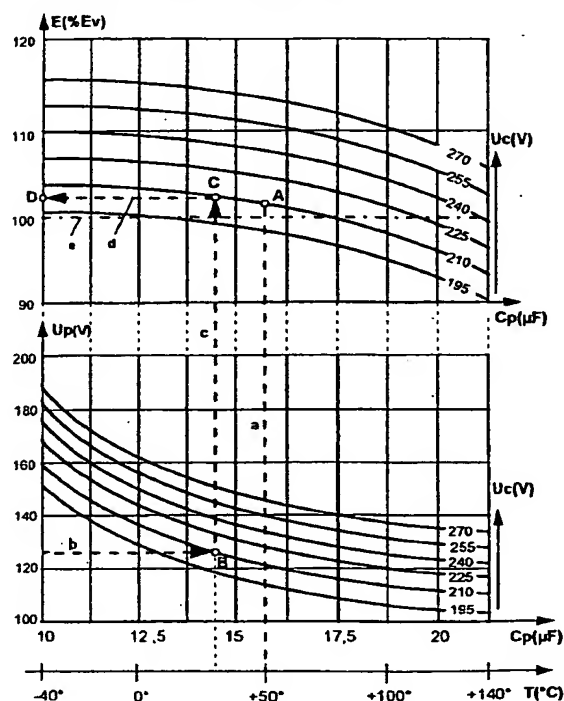
⑦2 Erfinder:  
Hoffmann, Christian, Dr., 93057 Regensburg, DE;  
Freudenberg, Hellmut, 93080 Pentling, DE; Gerken,  
Hartmut, 93152 Nittendorf, DE; Hecker, Martin,  
93053 Regensburg, DE; Pirkel, Richard, 93053  
Regensburg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 1 96 44 521 A1  
US 53 87 834

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes

⑤7 Ein kapazitives Stellglied wird mit definierter Ladespannung  $U_c$  geladen. Aus einem gespeicherten Kennfeld  $KF$  wird die momentane Stellgliedkapazität  $C_p$  aus Ladespannung  $U_c$  und Stellgliedspannung  $U_p$  ermittelt und aus Ladespannung  $U_c$  und Stellgliedkapazität  $C_p$  wird die dem Stellglied zugeführte Energie  $E$  bestimmt. Entsprechend der Abweichung der dem Stellglied zugeführten Energie  $E$  von einem vorgegebenen Energiebetrag  $E_v$  wird die Ladespannung  $U_c$  für den nächsten Ansteuervorgang des Stellgliedes geregelt; der gleiche Vorgang ergibt sich für weitere Stellglieder.



DE 196 52 801 C 1

B2  
DE 196 52 801 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine.

Piezo-Stellglieder bestehen aus einer Vielzahl piezokeramischer Schichten und bilden einen sog. "Stack", der bei Anlegen einer Spannung seine Abmessungen, insbesondere seine Länge  $s$  um einen Hub  $ds$  verändert, oder bei mechanischem Druck oder Zug eine elektrische Spannung erzeugt.

Die elektrischen Eigenschaften eines derartigen Piezotacks ändern sich mit der Temperatur, der er ausgesetzt ist. Mit steigender Temperatur vergrößert sich seine Kapazität, aber auch der Hub nimmt zu. Bei den für automotiv Anwendungen zu berücksichtigenden Temperaturen von etwa  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+140^{\circ}\text{C}$  sind dabei Änderungen bis zu einem Faktor 2 zu beobachten.

Aus US 5,387,834 ist eine Ansteuerschaltung für ein piezoelektrisches Element eines Matrix-Druckers bekannt, bei welcher ein Temperatursensor die Temperatur des piezoelektrischen Elements fühlt. Die Ansteuerung des piezoelektrischen Elements erfolgt mit Ladezeiten, welche temperaturabhängig in einer Tabelle gespeichert sind.

In der älteren deutschen Patentanmeldung 196 44 521.3 wurde bereits vorgeschlagen, ein kapazitives Stellglied mit konstanter Energie anzusteuern, da eine Aufladung mit konstanter Energie über den benötigten Temperaturbereich einen wesentlich konstanteren Hub erbringt.

Der Hub ändert sich etwa linear mit der angelegten Spannung bei einer bestimmten Stellgliedkapazität bzw. einer bestimmten Temperatur. Ändert sich die Temperatur, so ändert sich auch der Hub bei gleichbleibender Spannung. Hingegen ändert sich der Hub proportional zum Quadrat der aufgetragenen Energie ( $ds \sim e^2$ ), aber unabhängig von der Temperatur.

Einem Stellglied eine bestimmte Energiemenge zuzuführen, ist sehr aufwendig. Beim Gegenstand der älteren deutschen Patentanmeldung 196 44 521.3 müssen Strom und Spannung gemessen, das Produkt daraus aufintegriert, und der Ladevorgang abgebrochen werden, wenn der Integralwert einen vorgegebenen Wert  $e = \int$  erreicht. Eine Vereinfachung ergibt sich, wenn das Stellglied mit einem Konstantstrom geladen wird. Dann erübrigt sich eine Multiplikation.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes mit einem vorgegebenen Energiebetrag anzugeben, welches einfacher durchzuführen ist. Aufgabe der Erfindung ist es auch, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung ist im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Kennfeld KF für den Zusammenhang zwischen Stellgliedkapazität  $C_p$ , Ladespannung  $U_c$ , Stellgliedspannung  $U_p$  und Energie  $E$ ,

Fig. 2 ein Schaltbild einer Ansteuerschaltung für mehrere Stellglieder, und

Fig. 3 ein Flußdiagramm für die Arbeitsweise der Schaltung nach Fig. 2.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß es sich bei den Veränderungen der Stellgliedkapazität  $C_p$  um temperaturbedingte Veränderungen handelt, die eine gegenüber dem zeitlichen Abstand aufeinanderfolgender Stellgliedbetätigungen bei einer Brennkraftmaschine sehr große Zeitkonstante aufweisen. Es ist deshalb nicht erforderlich, die

Regelung der Aufladung im Regelzyklus (Ansteuervorgang) selbst durchzuführen, sondern es genügt vollkommen, eine Regelabweichung in einem Ansteuervorgang festzustellen und diese Regelabweichung im darauffolgenden Ansteuervorgang zu korrigieren.

Fig. 1 zeigt ein Kennfeld mit zwei experimentell ermittelten oder berechneten Diagrammen, welche den Zusammenhang zwischen Stellgliedkapazität  $C_p$ , Ladespannung  $U_c$ , Stellgliedspannung  $U_p$  und Energie  $E$  darstellen. Das obere Diagramm zeigt über der temperaturabhängigen Stellgliedkapazität  $C_p$  ( $T$  und  $C_p$  auf der Abszisse aufgetragen) die für verschiedene Ladespannungen  $U_c$  erreichbare Energie  $E$  im Stellglied, während das untere Diagramm ebenfalls über der temperaturabhängigen Stellgliedkapazität  $C_p$  auf der Abszisse die für diese Ladespannungen  $U_c$  erzielbare Stellgliedspannung  $U_p$  darstellt.

Es kann für jedes Stellglied  $P_1$  bis  $P_n$  ein eigenes Kennfeld  $KF$  vorgesehen sein, es kann aber auch für alle Stellglieder oder für jede Stellgliedgruppe ein gemeinsames Kennfeld  $KF$  vorgesehen sein.

Durch Betrachtung der Ladespannung  $U_c$  und der damit erreichten Stellgliedspannung  $U_p$  kann auf eine Strommessung, Multiplikation und Integration, wie oben beschrieben, verzichtet werden. Aufgrund des eindeutigen Zusammenhangs zwischen den genannten Größen kann auf annähernd konstante Energie  $E_v$  geregelt werden. Ein Wert  $E_v$ , relativiert auf 100%  $E_v$ , ist in Fig. 1 als strichpunktierte Gerade e eingezeichnet.

Eine Regelung auf konstante Energie ist insbesondere dann wichtig, wenn die Kapazität  $C_c$  des Ladekondensators  $C$  von der Stellgliedkapazität  $C_p$  erheblich abweicht. Die in Fig. 1 dargestellten Diagramme entsprechen einer Schaltung nach Fig. 2, in der die Kapazität  $C_c$  der Reihenschaltung aus den Kondensatoren  $C_1 + C_2$  etwa halb so groß ist wie die Kapazität  $C_p$  eines Stellgliedes  $P$ :  $C_c = C_p/2$ .

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand einer in Fig. 2 dargestellten Schaltung näher beschrieben. Die Ansteuerung von weiter nicht dargestellten Kraftstoffeinspritzventilen einer Brennkraftmaschine über piezoelektrische Stellglieder  $P_1$  bis  $P_n$  erfolgt mittels einer Steuerschaltung  $ST$ , die Teil eines weiter nicht dargestellten mikroprozessor-gesteuerten Motorsteuergerätes ist.

Zwischen dem Pluspol  $+U_{c1}$  und dem Minuspol GND einer steuerbaren Spannungsquelle  $SNT$ , vorzugsweise eines Schaltnetzteils, ist ein Ladekondensator  $C_1$  angeschlossen, welcher als Ausgangskondensator des Schaltnetzteils  $SNT$  betrachtet werden kann und auf dessen Ausgangsspannung  $U_{c1}$  aufgeladen ist. Parallel zum Ladekondensator  $C_1$  ist eine Reihenschaltung aus einem mit dem Pluspol  $+U_{c1}$  verbundenen, von ihm weg stromdurchlässigen Ladeschalter  $X_1$  und einem mit dem Minuspol GND verbundenen, zu ihm hin stromdurchlässigen Entladeschalter  $X_2$  angeordnet.

Wenn von Schaltern  $X_1$  und  $X_2$  die Rede ist, handelt es sich um elektronische, nur in einer Richtung stromdurchlässige, aus wenigstens einem Halbleiterelement bestehende Schalter, vorzugsweise Thyristorschalter, die von der Steuerschaltung leitend gesteuert werden.

Zwischen dem Verbindungspunkt von Ladeschalter  $X_1$  und Entladeschalter  $X_2$  und dem Masseanschluß GND liegt eine Reihenschaltung aus einem Umladekondensator  $C_2$ , einer Umschwingspule  $L$ , einem ersten Stellglied  $P_1$  und einem ersten, gesteuerten Power-MOSFET-Schalter  $T_1$ .

Für jedes weitere Stellglied  $P_2$  bis  $P_n$  ist eine Reihenschaltung aus diesem Stellglied und einem weiteren Power-MOSFET-Schalter  $T_2$  bis  $T_n$  der Reihenschaltung aus dem ersten Stellglied  $P_1$  und dem ersten Power-MOSFET-Schalter  $T_1$  parallel geschaltet.

Parallel zu den Reihenschaltungen aus Stellglied und

Power-MOSFET-Schalter ist eine vom Masseanschluß GND weg zur Umschwingspule L hin stromdurchlässige Diode D angeordnet. Power-MOSFET-Schalter enthalten üblicherweise Inversdioden, deren Funktion, wie weiter unten näher erläutert, beim Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung benutzt wird.

Die Schalter X1, X2 und T1 bis Tn werden von der Steuerschaltung ST entsprechend einem dem erfindungsgemäßen Verfahren zugeordneten Programm, abhängig von Steuersignalen st des Motorsteuergerätes, von der erreichten Stellgliederspannung  $U_p$  und vom Istwert  $U_{c2}$  der Spannung am Umladekondensator C2 nach dem Entladen des Stellgliedes, anhand eines in der Steuerschaltung ST gespeicherten Kennfeldes KF nach Fig. 1 gesteuert.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum aufeinanderfolgenden Ansteuern mehrerer kapazitiver Stellglieder wird nachstehend anhand des in Fig. 3 dargestellten Flußdiagramms unter Zugrundelegung der in Fig. 2 gezeigten Schaltung für ein Stellglied P1 näher erläutert. Die einzelnen Kästchen, den jeweiligen Verfahrenszuständen zugeordnet, sind mit römischen Zahlen gekennzeichnet.

Bei einem Zustand III (während des Betriebes), in welchem die Umschwingspule L stromlos ist, alle Schalter X1, X2 und T1 bis Tn nichtleitend (hochohmig) und alle Stellglieder P1 bis Pn entladen sind, soll das Stellglied P1 betätigt werden, um über das zugeordnete Einspritzventil Kraftstoff in den Zylinder 1 einzuspritzen. Die Ladespannung  $U_c = U_{c1} + U_{c2}$  wird beim ersten Ansteuervorgang I bei Inbetriebnahme des Fahrzeuges vorgegeben, Zustand 0.

Beim ersten Ansteuervorgang ist der Umladekondensator C2 entladen. Es findet ein Einschwingvorgang statt, der einen oder mehrere Ladezyklen dauern kann, bis die beim Entladen des Stellgliedes rückgelieferte Spannung  $U_{c2}$  am Umschwingkondensator C2 nach jedem Entladevorgang beispielsweise einen Wert  $U_{c2} > +100$  V erreicht. Die maximale Ladespannung  $U_{cmax} = U_{c1} + U_{c2}$  soll beispielsweise +270 V betragen.

Zunächst wählt die Steuerschaltung das entsprechende Stellglied (hier P1) aus, Zustand IV, indem sie den ihm zugeordneten Power-MOSFET-Schalter T1 leitend steuert. T1 kann über einen Kurbelwellenwinkel  $KW = 72^\circ KW/Z$  ( $Z =$  Zahl der Zylinder) leitend (niederohmig) bleiben, das sind beispielsweise bei Vierzylindermotoren  $180^\circ KW$  und bei Sechszylindermotoren  $120^\circ KW$ .

Beim ersten Ansteuervorgang wählt die Steuerschaltung ST in dem im oberen Diagramm des Kennfeldes KF in Fig. 1 eine gespeicherte, experimentell ermittelte oder berechnete Kennlinie der Ladespannung  $U_c$  (+210 V) aus, welche bei dem der momentanen Stellgliedertemperatur entsprechenden Kapazitätswert des Stellgliedes P oberhalb der gewünschten, dem Stellglied zuzuführenden Energie  $E_v$  (im Diagramm durch eine strichpunktierte Linie e gekennzeichnet) liegt, Zustand 0. Da in der Regel die Stellgliedertemperaturen nicht zur Verfügung stehen, kann als Ersatzgröße die Motortemperatur T (im Ausführungsbeispiel  $+50^\circ C$ ) herangezogen werden, siehe strichlierte Linie a bis zum Punkt A in Fig. 1, um einen Näherungswert für die momentane Stellgliedkapazität  $C_p$  zu erhalten.

Bei einer einfacheren Ausführung kann einfach ein Anfangswert für die Ladespannung  $U_c$  (beispielsweise +210 V) unabhängig von der Temperatur vorgegeben sein.

Nach ein oder mehreren Ansteuervorgängen (Einschwingvorgängen) des Stellgliedes P1 sei nach Beendigung eines Entladevorgangs die Spannung des Umladekondensators C2 beispielsweise  $U_{c2} = +120$  V.

Beim nächsten Einspritzbeginn, der durch den Beginn eines Steuersignals st = 1 (Zustand V) vorgegeben ist, wird von der Steuerschaltung ST der Ladeschalter X1 gezündet

(Zustand VI). Dadurch entlädt sich die an der Reihenschaltung aus C1 und C2 liegende Ladespannung  $U_c = +210$  V während einer kompletten Sinushalbschwingung über die Umschwingspule L in das Stellglied P1 und dieses öffnet das nicht dargestellte Einspritzventil. Die Spannungsquelle – das Schaltnetzteil SNT – bleibt mit dem Ladekondensator C1 verbunden, so daß auch sie Energie in den Schwingkreis einspeist.

Nach dem Umschwingen verlischt der Ladeschalter X1 von selbst (Zustand VII), das Stellglied P1 ist beispielsweise auf  $U_p = +126$  V geladen.

Der Wert der Stellgliederspannung  $U_p = +126$  V wird der Steuerschaltung mitgeteilt, welche im Kennfeld KF (Fig. 1) aus  $U_c = +210$  V und  $U_p = +126$  V die dem Stellglied zugeführte Energie bestimmt (Zustand VIII). Dazu wird im unteren Diagramm des Kennfeldes KF im Schnittpunkt B ( $U_c = +210$  V;  $U_p = +126$  V, strichlierte Linie b) der momentane Kapazitätswert  $C_p \approx 14,5$   $\mu F$  des Stellgliedes P1 bestimmt, und anschließend im oberen Diagramm (Schnittpunkt O von  $C_p = 14,5$   $\mu F$ ;  $U_c = +210$  V, gestrichelte Linie c) die zugeführte Energie zu  $E \approx 102,5\%$   $E_v$  (strichlierte Linie d; Punkt D) ausgelesen.

Je nach "Empfindlichkeit" der Regelung liegt dieser Wert entweder innerhalb eines Toleranzbandes  $E_v + \Delta E$  der gewünschten Energie (Zustand XI), wobei der nächste Ansteuervorgang mit unveränderter Ladespannung  $U_c = +210$  V durchgeführt wird, oder es wird für den nächsten Ansteuervorgang des Stellgliedes P1 ein neuer Wert für die Ladespannung  $U_c$  bestimmt, in diesem Ausführungsbeispiel, weil  $E > E_v + \Delta E$  etwas größer als der gewünschte Wert ist (Zustand IX), beispielsweise von vorgegebenen gespeicherten Stützwerten interpoliert, oder inkrementell um  $\Delta U = 5$  V vermindert (Zustand XII), auf +205 V festgelegt. Dieser Wert ergibt dann im nächsten Ansteuervorgang des Stellgliedes P1, gleiche Stellgliedkapazität vorausgesetzt, etwa einen Wert für die übertragene Energie von  $E = E_v$ . Ist die übertragene Energie jedoch kleiner,  $E < E_v$  (Zustand X), so wird  $U_c$  beim nächsten Ansteuervorgang um  $\Delta U = 5$  V auf  $U_c = +215$  V erhöht (Zustand XIII).

Bei Stellgliederspannungen  $U_p$  oberhalb eines vorgegebenen Maximalwertes  $U_{pmax}$  – beispielsweise +160 V – findet vorzugsweise eine reine Spannungsregelung gemäß dem unteren Diagramm von Fig. 1 statt, um die Stellgliederspannung auf diesen Wert zu begrenzen.

Zum Entladen des Stellgliedes P1 am Ende eines Steuersignals st (Zustand XIV) wird der Entladeschalter X2 gezündet (Zustand XV). Der Entladestromkreis schließt sich über die Inversdiode des Power-MOSFET-Schalters T1. Die im Stellglied gespeicherte Energie schwingt über die Umschwingspule L in den Kondensator C2 zurück, der auf den bereits erwähnten Wert  $U_{c2} = +120$  V geladen wird; die im Umladekondensator C2 gespeicherte Energie kann für den folgenden Zyklus genutzt werden.

Sobald das Stellglied auf die Schwellspannung der dem "aktiven" Kanal parallel liegenden Diode D entladen ist, setzt sich der noch fließende Strom über diese Diode fort, wodurch ein Aufladen des Stellgliedes auf eine negative Spannung verhindert wird. Anschließend verlischt der Entladeschalter X2 von selbst (Zustand XVI).

Für den nächsten Ansteuervorgang des Stellgliedes P1 muß der Ladekondensator C1 auf eine Spannung  $U_{c1} = U_c - U_{c2}$  aufgeladen werden, wozu  $U_{c2} = +120$  V gemessen wird (Zustand I). Damit kann  $U_{c1} = U_c - U_{c2} = +205$  V –  $120$  V = +85 V ermittelt werden (Zustand II). Auf diesen Wert wird das Schaltnetzteil SNT für den nächsten Ansteuervorgang des Stellgliedes P1 eingestellt und damit der Ladekondensator C1 auf  $U_{c1} = +85$  V geladen. Mit den in diesem Ansteuervorgang ermittelten Werten wird der nächste

Ansteuervorgang, ab Zustand III, durchgeführt. Die Ansteuervorgänge für die anderen Stellglieder P2 bis Pn entsprechen dem beschriebenen Verfahren für das Stellglied P1.

# Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einem vorgebbaren Energiebetrag (Ev), dadurch gekennzeichnet,
  - daß am Beginn eines Ansteuervorgangs das Stellglied (P1 bis Pn) über eine Umschwingspule (L) aus einer Reihenschaltung eines Ladekondensators (C1) und eines Umladekondensators (C2) mit einer vorgebbaren Ladespannung ( $U_c = U_{c1} + U_{c2}$ ) geladen wird und am Ende des Ansteuervorgangs in den Umladekondensator (C2) wieder entladen wird,
  - daß aus der Ladespannung ( $U_c$ ) und der damit am Stellglied erreichten Stellgliedspannung ( $U_p$ ) der temperaturabhängige Kapazitätswert ( $C_p$ ) des Stellgliedes (P1 bis Pn) ermittelt wird,
  - daß aus diesem Kapazitätswert ( $C_p$ ) und der Ladespannung ( $U_c$ ) der dem Stellglied zugeführte Energiebetrag (E) ermittelt wird, und daß für den nächsten Ansteuervorgang desselben Stellgliedes (P1 bis Pn) die Ladespannung ( $U_c$ ) abhängig von der Differenz ( $E_v - E$ ) von vorgegebenem Energiebetrag (Ev) und zugeführtem Energiebetrag (E) erhöht oder abgesenkt wird, und
  - daß der Ladekondensator (C1) auf eine der Differenz zwischen dieser bestimmten Ladespannung ( $U_c$ ) und der momentan am Umladekondensator (C2) anliegenden Spannung ( $U_{c2}$ ) entsprechende Spannung ( $U_{c1} = U_c - U_{c2}$ ) aufgeladen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Stellgliedkapazitätswerte ( $C_p$ ), abhängig von der Ladespannung ( $U_c$ ) und von der damit am Stellglied (P) erreichten Stellgliedspannung ( $U_p$ ), dem Stellglied (P) zugeführte Energiebetragswerte (E), abhängig von der Ladespannung ( $U_c$ ) und von diesen ermittelten Stellgliedkapazitätswerten ( $C_p$ ), und ein vorgegebener, dem Stellglied zuzuführender Energiebetrag (Ev) als experimentell ermittelte oder berechnete Werte in einem Kennfeld (KF) nichtflüchtig abgespeichert sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Stellglied (P1 bis Pn) ein eigenes Kennfeld (KF) vorgesehen ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für alle Stellglieder (P1 bis Pn) oder für jede Stellgliedgruppe ein gemeinsames Kennfeld (KF) vorgesehen ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betriebsbeginn für den ersten Ansteuervorgang jedes Stellgliedes (P1 bis Pn) ein Wert für die Ladespannung ( $U_c$ ) vorgegeben wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Wert für die Ladespannung ( $U_c$ ) von der Motortemperatur (T) abhängig ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Maximalwert ( $U_{pmax}$ ) für die Stellgliedspannung ( $U_p$ ) vorgegeben ist, und daß bei Stellgliedspannungen ( $U_p$ ) oberhalb dieses Maximalwertes ( $U_{pmax}$ ) eine reine Spannungsregelung ( $U_c(U_p)$ ) stattfindet.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Pluspol (+ $U_{c1}$ ) und dem Minuspol (GND) einer von einer Steuerschaltung (ST) steuerbaren Spannungsquelle (SNT) ein Ladekondensator (C1) angeordnet ist, daß parallel zum Ladekondensator (C1) eine Reihenschaltung aus einem mit dem Pluspol (+ $U_{c1}$ ) verbundenen, von ihm weg stromdurchlässigen Ladeschalter (X1) und einem mit dem Minuspol (GND) verbundenen, zu ihm hin stromdurchlässigen Entladeschalter (X2) angeordnet ist, daß zwischen dem Verbindungspunkt von Ladeschalter (X1) und Entladeschalter (X2) und dem Masseanschluß (GND) eine Reihenschaltung aus einem mit dem Ladeschalter (X1) verbundenen Umladekondensator (C2), einer Umschwingspule (L), einem ersten Stellglied (P1) und einem ersten, gesteuerten Power-MOSFET-Schalter (T1) angeordnet ist, daß für jedes weitere Stellglied eine Reihenschaltung aus diesem Stellglied (P2 bis Pn) und einem weiteren Power-MOSFET-Schalter (T2 bis Tn) der Reihenschaltung des ersten Stellgliedes (P1) und des ersten Power-MOSFET-Schalters (T1) parallel geschaltet ist, und daß parallel zur Reihenschaltung aus erstem Stellglied (P1) und Power-MOSFET-Schalter (T1) eine vom Masseanschluß (GND) zur Umschwingspule (L) hin stromdurchlässige Diode (D) angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Steuerschaltung (ST) steuerbare Spannungsquelle (SNT) ein Schaltnetzteil ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (ST), in welcher das Kennfeld (KF) gespeichert ist, ein Teil eines mikroprozessorgesteuerten Motorsteuergerätes ist, daß der Steuerschaltung (ST) als Eingangsgrößen Steuersignale (st) zum Ansteuern der Stellglieder, die am jeweils angesteuerten Stellglied (P1 bis Pn) anliegende Stellgliedspannung ( $U_p$ ) und die am Umladekondensator (C2) anliegende Spannung ( $U_{c2}$ ) zugeführt werden, und welche den Ladeschalter (X1), den Entladeschalter (X2) und die Power-MOSFET-Schalter (T1 bis Tn) gemäß dem Verfahrensablauf nach Fig. 3 steuert.
11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß Ladeschalter (X1) und Entladeschalter (X2) gesteuerte, elektronische, nur in einer Richtung stromdurchlässige Halbleiterschalter sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

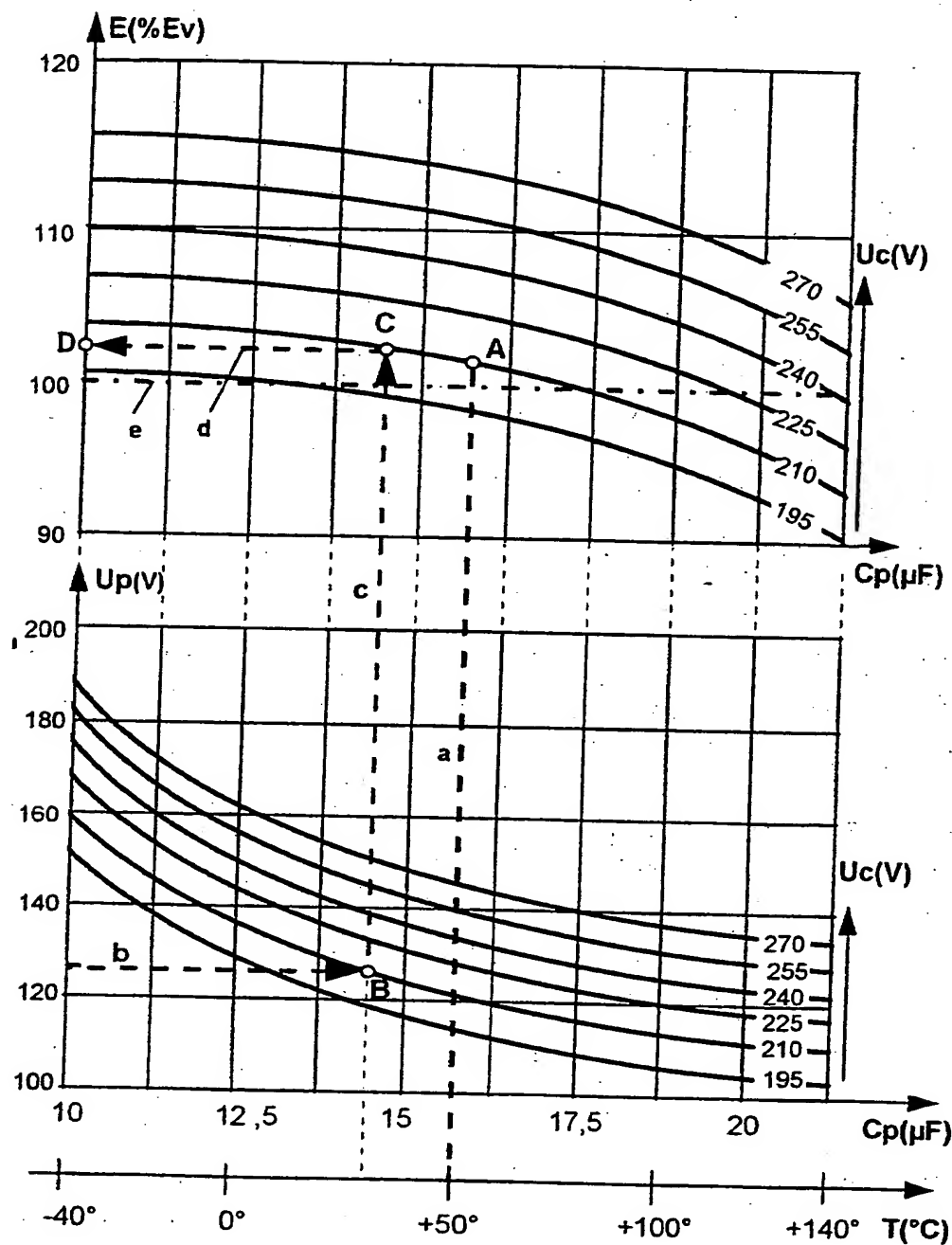


Fig.1

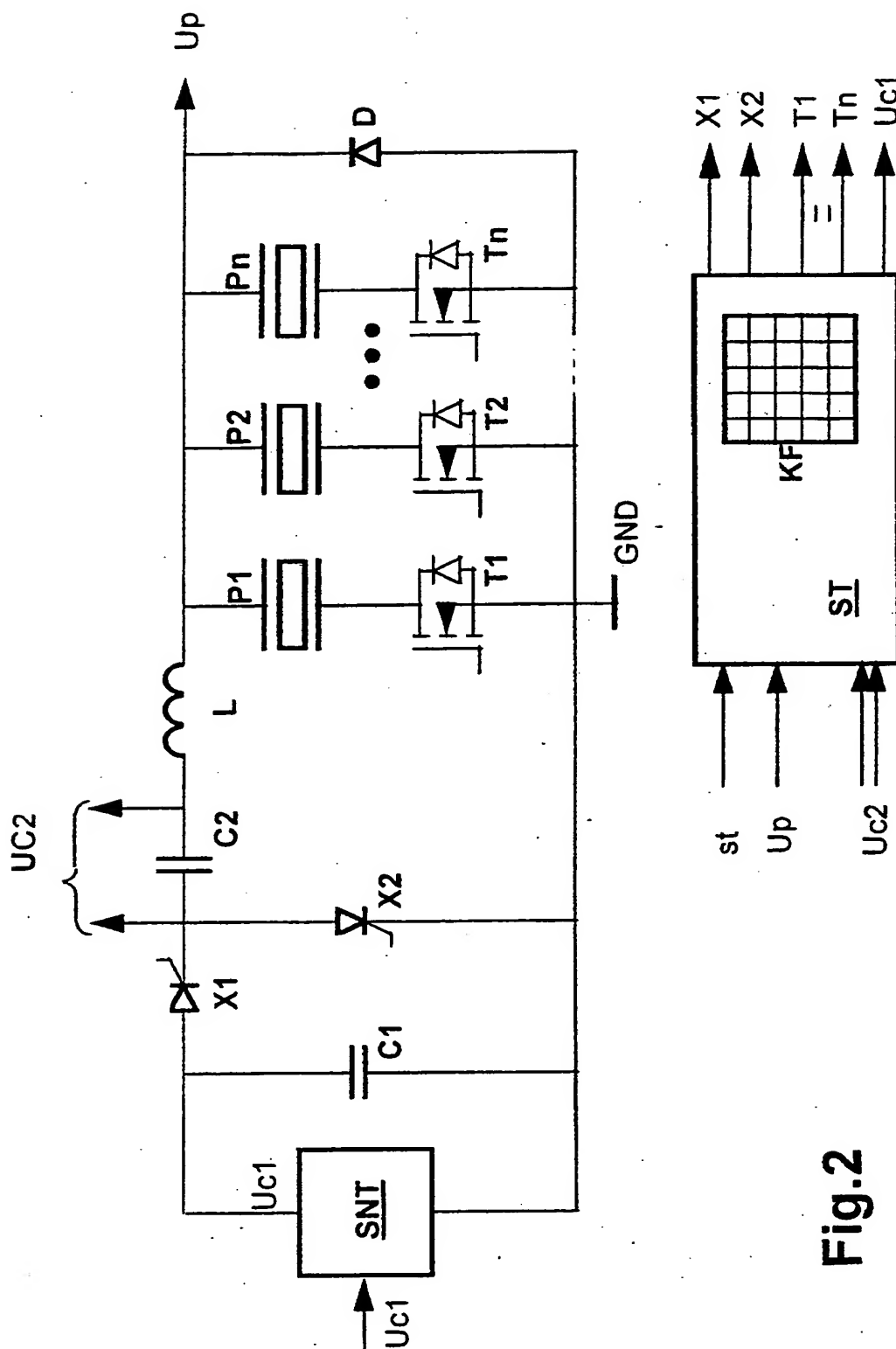


Fig.2

Fig.3

